



Bilagsrapport 5: Affaldsgenerering, indsamling og transport

Modellering af generering, indsamling og transport af husholdningsaffald i Herning Kommune

Larsen, Anna Warberg; Boldrin, Alessio

Publication date:
2007

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):

Larsen, A. W., & Boldrin, A. (2007). *Bilagsrapport 5: Affaldsgenerering, indsamling og transport: Modellering af generering, indsamling og transport af husholdningsaffald i Herning Kommune*. Institut for Miljø & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Bilagsrapport 5: Affaldsgenerering, indsamling og transport

*Modellering af generering, indsamling og
transport af husholdningsaffald i Herning
Kommune*

23. marts 2007

Anna Warberg Larsen
Institut for Miljø & Ressourcer
Danmarks Tekniske Universitet

Indhold

1	INDLEDNING	2
2	DATAINDSAMLING	3
3	AFFALDSGENERERING: ANTAL INDBYGGERE OG HUSSTANDE.....	4
4	INDSAMLINGSORDNINGER	5
4.1	HENTEORDNINGER FOR DAGRENOVATION OG PAPIR.....	5
4.2	BRINGEORDNING FOR GLAS	7
4.3	STORSKRALDSORDNINGEN	7
4.4	GENBRUGSPLADSEN	8
4.5	P-KASSEORDNING	9
4.6	HAVEAFFALD.....	9
4.7	FARLIGT AFFALD	10
5	TRANSPORT AF AFFALD.....	11
6	MODEL FOR ENERGIFORBRUG OG EMISSIONER FRA KØRETØJER	12
6.1	BAGGRUND	12
6.2	BAGGRUNDSDATA	13
6.3	PROCESSER I DATABASEN.....	14
6.4	ANDRE TRANSPORTMIDLER	14
7	REFERENCER.....	15
7.1	LITTERATUR	15
7.2	SOFTWARE	15
	BILAG 1: INDBYGGERE OG HUSSTANDE	16

1 Indledning

Denne rapport indgår som et led i et projektforsøg, der har til formål at vurdere de samlede potentielle miljøpåvirkninger ved håndteringen af husholdningsaffald i Herning Kommune. I projektet opstilles en model for hele affaldssystemet i Herning Kommune, som senere er udgangspunktet for modellering af miljøpåvirkningerne i miljøvurderingsværktøjet EASEWASTE. Rapporten omhandler indsamling af de data, der anvendes til modellering af affaldsgenerering, indsamling og transport i EASEWASTE. Disse tre dele af affaldssystemet er generelle for alle affaldstyper, og derfor beskrives de samlet.

Først beregnes antallet af husstande og indbyggere i Herning Kommune, hvilket anvendes til modellering af affaldsgenerering. For dagrenovation opdeles affaldssystemet i to delsystemer, som er defineret som enfamilieboliger og etageboliger, hvor det antages, at hver indbygger producerer lige meget dagrenovation uafhængigt af boligtypen. For de øvrige affaldstyper, storskrald, haveaffald og farligt affald, antages det også, at alle indbyggere producerer lige meget affald. For disse affaldstyper opdeles affaldssystemet ikke i delsystemer. Det skyldes, at disse affaldstyper ikke er så velundersøgt som dagrenovation, og der findes derfor ikke data om variationer i affaldsmængde og –sammensætning afhængig af boligtype, husstandsstørrelse osv.

Dernæst beregnes brændstofforbruget til affaldsindsamling for de forskellige indsamlingsordninger. I modelleringen i EASEWASTE er indsamlingsordninger i Herning Kommune opdelt i følgende kategorier:

- Dagrenovation
 - Restaffald
 - Henteordning for papir
 - Bringeordning for glas
 - Papir og glas på genbrugspladsen
 - P-kasseordningen
- Storskrald
 - Henteordning for storskrald
 - Genbrugspladsen
 - P-kasseordningen
- Haveaffald
 - Haveaffaldsplads (genbrugspladsen)
- Farligt affald
 - Genbrugspladsen
 - Viceværtordning
 - Forhandlerordning
 - P-kasseordningen

Næste afsnit er en redegørelse for estimeret brændstofforbrug ved transport af affald over længere afstande. Transportmidlerne, der betragtes her, er lastbiler og skibe.

Til sidst beskrives en model for beregning af energiforbrug og emissioner fra transport, som er anvendt i dette projekt til udbygning af databasen i EASEWASTE.

2 Dataindsamling

Herning Kommune har leveret oplysninger til beskrivelse af indsamlingsordninger og kortlægning af affaldsmængder. Til modellering af affaldsgenerering anvendes demografiske data, der er hentet hos Danmarks Statistik.

En væsentlig faktor for modellering af indsamling og transport er transportafstandene. Her er det valgt at anvende KRAK's elektroniske kort (Krak.dk, 2006) til beregningerne.

Dieselforbruget til indsamling modelleres i EASEWASTE med en forbrugsfaktor for kørsel under selve indsamlingen og en faktor for transport, der omfatter kørsel fra garage til indsamlingsområde, fra indsamlingsområde til modtageanlæg og fra modtageanlæg til garage. Førstnævnte konstant har enheden liter/ton, mens den anden har enheden liter/(ton·km).

I de fleste tilfælde er det dog ikke lykkedes at indhente specifikke data for dieselforbrug i Herning Kommune, og derfor anvendes i stedet databasen i EASEWASTE, der indeholder data fra måling af dieselforbrug på indsamlingsordninger i Århus Kommune. Selvom der er forskelle på indsamlingsordningerne i de to kommuner, vurderes Århus-målinger dog at være et væsentligt bedre datamateriale, end det der findes i andre anvendte LCA-modeller og -databaser.

Dieselforbrug til langdistancetransport af affald modelleres med processer fra databasen i EASEWASTE. Databasen er i dette projekt blevet udbygget med flere processer, der er lavet på baggrund af data fra beregningsværktøjet TEMA 2000 samt UMIP-databasen.

3 Affaldsgenerering: Antal indbyggere og husstande

Antallet af indbyggere og husstande i forskellige områder i kommunen anvendes til beregning af både affaldsgenerering og indsamlingskørsel. For affaldsgenerering skal enhedsmængderne pr. indbygger og pr. husstand beregnes. I forbindelse med indsamling skal den gennemsnitlige afstand fra kilden til modtageanlægget samt befolkningstæthed i forskellige geografiske områder beregnes. Der er taget udgangspunkt i antallet af indbyggere og husstande i Herning Kommune pr. 1. januar 2005:

Antal indbyggere	58.702
Antal husstande	26.911
(Danmarks Statistik, 2005, eksklusiv uoplyst boligart)	

Fordelingen af indbyggere og husstande efter boligart, samt beregning af gennemsnitlig husstandsstørrelse er vist i Bilag 1: Indbyggere og husstande. Fordelingen kan ligeledes foretages efter antal indbyggere og husstande i geografiske områder, hvilket er vist i Tabel 1.

Tabel 1. Antallet af indbyggere og husstande i by- og landområder i Herning Kommune 2005.

Herning Kommune 2005	Antal Enfamilieboliger	Antal Etageboliger	Personer i Enfamilieboliger	Personer i Etageboliger
Herning bymidte	184	1281	470	2037
Herning NØ	1984	3704	5077	5891
Herning NV	2049	2781	5245	4423
Herning S	926	458	2370	729
<i>Herning by i alt</i>	<i>5143</i>	<i>8224</i>	<i>13163</i>	<i>13080</i>
Gullestrup	210	520	536	827
Sunds	1353	289	3463	460
Ilskov	267	17	684	28
Simmelkær	127	0	325	0
Hammerum	1061	360	2715	573
Gjellerup	1071	250	2741	398
Birk	64	63	163	100
Tjørring	1364	527	3491	838
Sinding	81	9	208	14
Snejbjerg	1231	136	3150	216
Haunstrup	81	1	208	2
Studsgård	174	2	445	3
Lind	1232	52	3153	83
Høgild	115	3	295	5
Nørre-Kollund	60	2	153	3
Arnborg	235	3	603	5
Kølkær	238	16	610	26
Fasterholt	168	7	430	10
Landområder	2134	20	5461	31
<i>Land i alt</i>	<i>11265</i>	<i>2279</i>	<i>28835</i>	<i>3624</i>
Total	16408	10503	41998	16704

Denne fordeling tager udgangspunkt i en statistisk oversigt fra 1998 (Herning Kommune, 1998). Antallet af indbyggere og boliger er steget en smule fra 1998 til 2005, og opgørelsen fra 1998 er derfor korrigeret, så det totale antal boliger stemmer med opgørelsen fra 2005. Den gennemsnitlige husstandsstørrelse er 2,56 personer for enfamilieboliger og 1,59 personer for etageboliger.

4 Indsamlingsordninger

4.1 Henteordninger for dagrenovation og papir

Beregningsfaktorer for dieselforbruget til indsamling af dagrenovation og papir er beregnet på baggrund af opgørelse fra Herning Kommune af mængder, antal personer og husstande og karakteristiske dieselforbrug for indsamlingsruterne. Dieselforbruget afhænger af typen af boligområde, og inddelingen af boligtyper og geografiske områder anvendes således for bestemmelse af dieselforbruget. De geografiske områder er klassificeret som henholdsvis byområder, småbyer og landområder med hver deres karakteristiske dieselforbrug, jf. Tabel 2 og Tabel 3. De karakteristiske dieselforbrug er hentet fra målingerne gennemført i Århus Kommune (Vrgoc & Christensen, 2003). Afstandene fra boligområderne til modtageanlæggene, henholdsvis Knudmoseværket og Averhoff & Co., Herning er beregnet på et elektronisk kort (Krak.dk, 2006). Ud fra disse data er et gennemsnitligt dieselforbrug for indsamlingskørsel og transport til modtageanlæg samt den gennemsnitlige transportafstand beregnet, hvilket er fremhævet med fed skrift i nederste række i tabellerne. Disse data anvendes ved modelleringen i EASEWASTE.

Tabel 2. Data for beregning af dieselforbrug til indsamling af restaffald.

Dieselforbrug	Antal personer		Afstand [km]	Type		Dieselforbrug [liter/ton]		Dieselforbrug [liter/(ton·km)]	
	Enfam.	Etage.		Enfam.	Etage.	Enfam.	Etage.	Enfam.	Etage.
Herning bymidte	470	2037	3,5	VI	EL	3,6	1,7	0,12	0,11
Herning NØ	5077	5891	3,5	VI	EL	3,6	1,7	0,12	0,11
Herning NV	5245	4423	3,5	VI	EL	3,6	1,7	0,12	0,11
Herning S	2370	729	3,5	VI	EL	3,6	1,7	0,12	0,11
Gullestrup	536	827	3,7	VI	VI	3,6	3,6	0,12	0,12
Sunds	3463	460	9,5	VI	VI	3,6	3,6	0,12	0,12
Ilskov	684	28	15,9	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Simmelkær	325	0	17	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Hammerum	2715	573	4,7	VI	VI	3,6	3,6	0,12	0,12
Gjellerup	2741	398	6,3	VI	VI	3,6	3,6	0,12	0,12
Birk	163	100	3,1	VI	VI	3,6	3,6	0,12	0,12
Tjørring	3491	838	6	VI	VI	3,6	3,6	0,12	0,12
Sinding	208	14	13,7	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Snejbjerg	3150	216	5,4	VI	VI	3,6	3,6	0,12	0,12
Haunstrup	208	2	11,1	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Studsgård	445	3	9,1	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Lind	3153	83	4,6	VI	VI	3,6	3,6	0,12	0,12
Høgild	295	5	8,9	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Nørre-Kollund	153	3	4,9	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Arnborg	603	5	14,8	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Kølkær	610	26	13	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Fasterholt	430	10	21,7	SI	SI	5,7	5,7	0,12	0,12
Landområder	5461	31	10	LI	LI	6,3	6,3	0,12	0,12
Total	41998	16704	5,8			4,1	2,1	0,12	0,11
VI = Villa individuel beholder SI = Småby individuel beholder LI = Landområde individuel beholder EL = Etagebolig med lille fællessystem									

Tabel 3. Data for beregning af dieselforbrug til indsamling af papir.

Dieselforbrug	Antal personer		Afstand [km]	Type		Dieselforbrug [liter/ton]		Dieselforbrug [liter/(ton·km)]	
	Enfam.	Etag.		Enfam.	Etag.	Enfam.	Etag.	Enfam.	Etag.
Herning bymidte	470	2037	3,5	*	HfB	4,5	2,2	0,10	0,10
Herning NØ	5077	5891	3,5	*	HfB	4,5	2,2	0,10	0,10
Herning NV	5245	4423	3,5	*	HfB	4,5	2,2	0,10	0,10
Herning S	2370	729	3,5	*	HfB	4,5	2,2	0,10	0,10
Gullestrup	536	827	3,5	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Sunds	3463	460	7	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Ilskov	684	28	13,1	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Simmelkær	325	0	14,2	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Hammerum	2715	573	6	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Gjellerup	2741	398	5,7	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Birk	163	100	4	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Tjørring	3491	838	5,1	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Sinding	208	14	12,7	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Snejbjerg	3150	216	6,6	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Haunstrup	208	2	11,6	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Studsgård	445	3	10,2	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Lind	3153	83	6,3	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Høgild	295	5	10,7	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Nørre-Kollund	153	3	9,3	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Arnborg	603	5	16,6	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Kølkær	610	26	14,6	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Fasterholt	430	10	25	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Landområder	5461	31	10	*	HfB	4,5	4,5	0,10	0,10
Total	41998	16704	5,8			4,5	2,7	0,10	0,10
* = Gennemsnit af flere boligtyper									
HfB = Fælles hentesystem + bringeordning									

I foråret 2006 gennemførtes målinger af dieselforbruget på udvalgte indsamlingsruter for både restaffald og papir med henblik på at indsamle data specifikt for Herning Kommune. Desværre var datamaterialet for sparsomt til at kunne anvendes, og derfor valgtes det at anvende målingerne fra Århus Kommune for at få et mere konsistent datamateriale. Det samlede dieselforbrug for indsamling af restaffald og papir er vist i Tabel 4. Årsforbruget stammer fra årsopgørelse fra renovatøren i 2004 og er omregnet i forhold til den lidt øgede affaldsmængde i 2005 (Herning Kommune, 2006).

Tabel 4. Sammenligning af model og faktisk dieselforbrug.

	Restaffald [liter]	Papir [liter]
EASEWASTE-modellering	59012	21679
Årsforbrug	76247	32527
Afvigelse ift. årsforbrug	23%	33%

Modellens beregning er ca. 20-30% mindre end det oplyste dieselforbrug fra renovatøren, men det vides ikke med sikkerhed, hvad dette skyldes. En mulighed er, at dieselforbrugsfaktorerne for landkørsel i Århus Kommune er for lave i forhold til landkørsel i Herning Kommune. I både det oplyste dieselforbrug og de gennemførte målinger fra renovatøren ses en tendens til, at dieselforbruget ved indsamling i landområder er undervurderet, men der har ikke kunnet laves et

sikkert estimat. Dieselforbrugets betydning i den samlede miljøvurdering undersøges i en følsomhedsanalyse af resultaterne.

4.2 Bringeordning for glas

Glasindsamling er i Herning Kommune en bringeordning med kuber fordelt over hele kommunen. Indsamlingen består af indsamlingskørsel ved tømning af kuber samt transport til modtageanlægget. Til modelleringen anvendes målinger fra Århus Kommune, da der ikke er udført målinger i Herning Kommune. Den karakteristiske parameter for indsamling er 4,9 liter/ton, mens parameteren for transport er 0,13 liter/(ton·km). Afstanden til modtageanlægget Midtjysk Flaskecentral er i gennemsnit 30 km. Ved indsamling af 722 ton glas fra kuber i 2005, bliver det samlede dieselforbrug 6354 liter.

Der findes ikke undersøgelser af borgernes kørselsmønster ved transport af glasset fra boligen til kuben, og derfor vides det ikke, om en bringeordning giver anledning til øget transport i privat personbil. Sandsynligvis er aflevering af glas overvejende ikke et primært mål med transporten. Betydningen af privat transport til kuber kan undersøges i en følsomhedsanalyse af resultaterne.

4.3 Storskraldsordningen

Indsamlingen af storskrald i Herning Kommune er udliciteret til en privat renovatør. Kørslen foretages efter en fast plan, hvor kommunen er inddelt i fire indsamlingsdistrikter. Beboerne i hvert distrikt kan få afhentet storskrald efter tilkald, hvor der er afsat en ugedag til hvert indsamlingsdistrikt. Hele ugen indsamles der desuden storskrald fra boligselskaber i fællesaftalen, hvor indsamlingsfrekvensen fastsættes efter behov. Fra 2005 varetages indsamling i fællesaftalen af Herning Kommune selv.

Da kommunen har en stor geografisk udstrækning, er kørselsmønstret ved indsamling en kombination af kørsel over længere afstande og kørsel, mens der foretages indsamling. Brændstofforbruget ved indsamling må formodes at være forholdsvis højt, da der køres med lav hastighed og mange stop.

Oplysninger om brændstofforbruget ved indsamling af storskrald stammer fra månedlige driftsrapporter udarbejdet af renovatøren (Herning Kommune, 2006). I driftsrapporterne registreres månedens samlede antal afhentninger, indsamlingsbilernes dieselforbrug samt antal kørte kilometer. Den samlede mængde storskrald, der indsamles pr. måned, er registreret på Nederkærgård Genbrugs- og Affaldsplads, hvor affaldet modtages. Der foreligger imidlertid først egnede registreringer fra renovatøren fra og med august 2004, og beregningerne er derfor foretaget på grundlag af data for perioden august-december 2004. Opgørelserne er givet som totaler for hver måned, da det ikke er muligt nærmere at udspecificere kørselsmønstret for hver dag eller hver tur. Der viser sig at være en sammenhæng mellem brændstofforbruget [liter diesel], den kørte rute [km] og den indsamlede mængde affald [ton]. Tabel 5 viser beregningerne af brændstofforbruget på baggrund af de oplyste data. Beregningerne viser, at brændstofforbruget ved indsamling af storskrald kan fastsættes til 12,5 liter diesel pr. ton affald.

Tabel 5. Beregning af brændstofforbrug ved indsamling af storskrald (Herning Kommune, 2006).

Dieselforbrug storskrald	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.	Sum
Afstand [km]	1071	2068	1867	1989	1804	8799
Dieselforbrug [liter]	486,8	966,36	938,2	947,1	848,4	4186,86
Mængde [ton]	40,22	78,96	77,09	74,06	64,5	334,83
Brændstofforbrug [km/liter]	2,20	2,14	1,99	2,10	2,13	2,10
Brændstofforbrug [liter/ton]	12,10	12,24	12,17	12,79	13,15	12,50

Der er ikke tilstrækkelige data til at kunne beregne dieselforbruget for driftsafdelingens biler, og derfor anvendes alene det beregnede forbrug på 12,5 liter/ton. Foreløbige opgørelser fra kommunen viser dog, at denne antagelse er rimelig.

4.4 Genbrugspladsen

I 2005 blev der afleveret 8.079 ton affald (storskrald (ekskl. beton og tegl), papir og glas) på genbrugspladsen af i alt 142.457 besøgende (Herning Kommune, 2006). Det betyder, at hver besøgende i gennemsnit afleverede 56,7 kg affald. De besøgendes gennemsnitlige afstand fra hjemmet til genbrugspladsen er beregnet til 6,07 km på baggrund af afstanden fra kommunens forskellige byområder til genbrugspladsen på Nederkærgård Genbrugs- og Affaldsplads, se Tabel 6. Afstandene er beregnet på et elektronisk kort (Krak.dk, 2006).

Tabel 6. Data for beregning af benzinforbrug til aflevering af affald på genbrugspladsen.

Dieselforbrug	Antal personer		Afstand [km]
	Enfam.	Etage.	
Herning bymidte	470	2037	3,5
Herning NØ	5077	5891	3,5
Herning NV	5245	4423	3,5
Herning S	2370	729	3,5
Gullestrup	536	827	4,3
Sunds	3463	460	11,5
Ilskov	684	28	17,5
Simmelkær	325	0	20,9
Hammerum	2715	573	8
Gjellerup	2741	398	9,7
Birk	163	100	6,7
Tjørring	3491	838	4,5
Sinding	208	14	12,2
Snebjerg	3150	216	3,1
Haunstrup	208	2	8,9
Studsgård	445	3	5,2
Lind	3153	83	4
Høgild	295	5	8,8
Nørre-Kollund	153	3	4,2
Arnborg	603	5	14,8
Kølkær	610	26	14,6
Fasterholt	430	10	21,7
Landområder	5461	31	10
Total	41998	16704	6,07

Transport af gods i personbiler er ikke særligt godt undersøgt, men det er valgt at modellere benzinforbruget til kørslen ud fra en proces fra UMIP-databasen. Processen er lavet for kørsel med en lille mængde gods (5 kg) i en personbil med 1,4-2,0 liter EURO-II motorer ved bykørsel. Her er benzinforbruget fastsat til 0,0166 kg benzin pr. kgkm, hvilket svarer til 0,111 liter benzin pr. km pr. køretur. Der skal køres $1000/56,7 = 17,6$ ture pr. ton afleveret på genbrugspladsen, og der køres $2 \cdot 6,07 \text{ km} = 12,14 \text{ km}$ pr. tur inklusiv returkørsel, da det antages, at turene køres alene med det formål at aflevere affald. Samlet giver det 23,69 liter benzin pr. ton affald. Det antages, at turene køres med det ene formål at aflevere affald, hvorefter der returneres til hjemmet. Ligesom for dieselbiler kan usikkerheden på estimering af benzin forbruget undersøges nærmere i en følsomhedsanalyse af resultaterne.

Benzinforbrugsfaktoren anvendes for transport af både storskrald, beton og tegl og haveaffald til Nederkærgård Genbrugs- og Affaldsplads.

4.5 P-kasseordning

P-kasserne har ikke en særskilt indsamlingsordning, men indsamles via de øvrige ordninger. Mængden af affald i P-kasserne udgør mindre end 1% af mængden af det øvrige affald, der indsamles i ordningerne. Derfor er der set bort fra mængden af affald fra p-kasserne ved beregning af dieselforbruget for de øvrige ordninger. Dieselforbruget til indsamling af p-kasserne er på baggrund heraf antaget at være det samme som for de ordninger, hvor kasserne er indsamlet.

I følge opgørelser fra p-kasse-ordningen afhentes ca. $\frac{3}{4}$ af kasserne sammen med restaffaldet og ca. $\frac{1}{4}$ sammen med papiraffald. De øvrige indsamlingsordninger har minimal betydning i forhold her til. Dieselforbruget til indsamling af p-kasser er beregnet som et vægtet gennemsnit af indsamling af restaffald og papir for henholdsvis enfamilieboliger og etageboliger. Tabel 7 viser beregning af dieselforbruget. Afstanden til beregning af transport af affaldet er 5,8 km. Ved at vægte parametrene i forhold til antallet af indbyggere i de to boligtyper fås et samlet dieselforbrug på 4,34 liter/ton affald fra p-kasser.

Tabel 7. Data for beregning af dieselforbrug ved indsamling af p-kasser.

Dieselforbrug	Enfamilieboliger [liter/ton]	Etageboliger [liter/ton]
Indsamling af restaffald	4,15	2,13
Indsamling af papiraffald	4,50	2,70
<i>Indsamling af p-kasser</i>	<i>4,24</i>	<i>2,27</i>
	Enfamilieboliger [liter/ton/km]	Etageboliger [liter/ton/km]
Transport af restaffald	0,12	0,11
Transport af papiraffald	0,10	0,10
<i>Transport af p-kasser</i>	<i>0,12</i>	<i>0,11</i>

4.6 Haveaffald

Haveaffald afleveres af borgerne på modtagepladsen ved Nederkærgård Genbrugs- og Affaldscenter. Kørslen foregår med personbil som for storskrald og farligt affald, der afleveres på genbrugspladsen, men med større læs per gang. Mængden af haveaffald per læs er 110 kg, og den kørte afstand er 2·6 km. Beregning af brændstofforbruget er foretaget som i afsnit 4.4. Resultatet er 12,21 liter benzin pr. ton haveaffald.

4.7 Farligt affald

Farligt affald indsamles via genbrugspladsen, viceværtordningen, forhandlere eller p-kasseordningen. Indsamling via genbrugspladsen og p-kasseordningen modelleres som beskrevet ovenfor i afsnit 4.4 og 4.5. Viceværtordningen er etableret ved mange etageboliger og består i, at beboerne kan aflevere farligt affald til viceværten, der så sikrer, at det opbevares forsvarligt, indtil det indsamles. Visse fraktioner som maling og medicin kan afleveres tilbage til forhandlerne, som så er ansvarlige for korrekt bortskaffelse. I begge ordningerne opsamles affaldet i større beholdere og afhentes af Modtagestation Vestjylland A/S.

Der findes ingen specifikke målinger af indsamlingsordninger af denne type. På den ene side forventes dieselforbruget at være relativt lavt, fordi der indsamles et stort volumen pr. stop; men på den anden side er affaldsmængden også relativt lavt, da de forskellige fraktioner ikke kan sammenblandes eller komprimeres, hvilket taler for et relativt højt dieselforbrug.

Overslagsberegninger på baggrund af oplysninger fra transportøren viser, at indsamlingen må formodes at ligne indsamling af papir fra etageboliger, og derfor er dieselforbrugsfaktoren herfra anvendt.

5 Transport af affald

Efter indsamling transporteres affaldet som oftest videre til andre behandlingsanlæg, som kan være placeret i både Danmark og udlandet. Transporten foregår som oftest med lastbil, men i enkelte tilfælde anvendes også skib. Jernbane anvendes så vidt vides stort set ikke til transport af affald.

I mange tilfælde kendes de specifikke behandlingsanlæg ikke, men som regel vides det, i hvilken region eller verdensdel affaldet behandles. For behandling af affald i Nordeuropa er det antaget, at affaldet transporteres med lastbil 500 km. I de tilfælde, hvor anlægget kendes, er transportafstanden beregnet på et elektronisk kort (Krak.dk, 2006). For dieselforbruget til transport i lastbil regnes med en forbrugsfaktor på 0,06 liter/(ton·km), hvilket gælder for en mindre lastbil med et varieret køremønster. Undersøgelser i to modeller til beregning af brændstofforbrug, SEEK og TEMA2000, viser, at denne faktor vil kunne halveres, hvis transporten foregår med en større lastbil og med en højere grad af motorvejskørsel. Derfor er der også indlagt en forbrugsfaktor på 0,03 liter/(ton·km). Emissioner fra motorens forbrændingsproces modelleres i begge tilfælde som opfyldelse af kravene til Euro 2-normen.

Til modellering af skibstransport anvendes følgende processer fra databasen i EASEWASTE:

- en lille bulk carrier [Bulk Carrier 150000 ton]
- en stor bulk carrier [Bulk Carrier 2000 ton]
- et stort containerskib [Container Ship 40000 ton]

Processerne er oprindeligt opgjort pr. kg·km, men i EASEWASTE modelleres transporten pr. ton·km. Derfor er processerne ganget med 1000 i databasen for transportteknologier.

Det har været vanskeligt at indsamle informationer om hvilke skibstyper, der anvendes til forskellige transporter af affald i Europa og til Asien. Derfor udføres modellering med nævnte skibstyper, men følsomhedsvurderingen må vise, om der er brug for yderligere undersøgelser af emnet.

For både lastbil- og skibstransport regnes der ikke med, at transportmidlet returnerer tomt. Returtransporten tilskrives ikke transporten af affaldet, men må derimod tilskrives transport af øvrige varer.

6 Model for energiforbrug og emissioner fra køretøjer

6.1 Baggrund

Størstedelen af transporten af affald foregår med lastbiler. Selvom transport ofte kun bidrager til en mindre del af affaldssystemets miljøbelastning, er det alligevel væsentligt at se nærmere på modellering af transportprocesser af flere årsager. For det første er transport et diskuteret emne, fordi øget trafik skaber adskillige samfundsproblemer, hvoraf et af problemerne er de sundhedsmæssige effekter af emissioner fra lastbiler. For det andet vil sortering af flere genanvendelige fraktioner ofte betyde øget indsamling og længere transport af affaldet. Til sidst kan nævnes, at miljøbelastningen fra transport varierer meget afhængigt af køretøjstypen og kørselsmønsteret. Dette afsnit handler om, hvordan livscyklusopgørelser fremstilles for forskellige typer af transporter.

Ved modellering af transport i EASEWASTE skelnes mellem transport og indsamlingskørsel. Transport af affaldet vil enten være transport fra et indsamlingsområde til modtageanlæg eller transport fra modtageanlæg til øvrige behandlingsanlæg samt mellem forskellige behandlingsanlæg.

Energiforbruget til transport beregnes ud fra en faktor for brændstofforbrug med enheden *liter/(ton·km)*, hvor lastens masse er angivet i ton og den tilbagelagte afstand er angivet i km. Faktorens størrelse vil afhænge af en lang række forhold såsom transportmidlets motorstørrelse og totalvægt, kapacitetsudnyttelse og kørselsmønster (hastighed og vejtyper). Til bestemmelse af brændstofforbruget for en specifik transportrute kan anvendes programmer som trafikministeriets TEMA2000 og Teknologisk Instituts SEEK.

For indsamlingskørsel beregnes energiforbruget ud fra en faktor for brændstofforbrug med enheden *liter/ton*. Brændstofforbruget afhænger således kun af den indsamlede mængde affald angivet i ton. Faktorens størrelse vil afhænge af bl.a. den kørte afstand under indsamling, typen af køretøj, kapacitetsudnyttelse (herunder komprimering) og kørselsmønster (hastighed og antal stop). Faktoren vil variere for forskellige typer af boligområder og afhænger især af boligtætheden og mængden af affald pr. boligenhed. Brændstofforbrug bestemmes for specifikke indsamlingsruter ud fra registreringer foretaget af transportøren.

Udover energiforbruget skal de væsentligste emissioner fra motorens forbrændingsproces inkluderes i livscyklusopgørelsen. Det drejer sig om brændselsspecifikke emissioner som CO₂, SO₂ og tungmetaller samt teknologisk og driftmæssigt betingede emissioner som NO_x, CO, HC/VOC og partikler.

Køretøjets størrelse og kapacitetsudnyttelse har betydning for energiforbruget og dermed for emissionen af CO₂, SO₂ og tungmetaller. Jo større lasteevne og udnyttelse af kapaciteten, jo mindre er energiforbruget pr. ton last. De øvrige emissioner er afhængige af motorens teknologi og drift. De nyeste Euro-normer har de strengeste krav til reduktion af emission af NO_x, CO, HC og partikler (Wikipedia, 2006).

Med hensyn til kørselsmønsteret vil emission af disse stoffer pr. ton last typisk øges ved kørsel med enten meget lave eller meget høje hastigheder, hvilket svarer til kørsel i by eller på motorveje.

6.2 Baggrundsdata

Datasættet i EASEWASTE sammensættes af følgende elementer:

- En proces for udvinding og produktion af brændstof
- Emissioner, der er brændselsspecifikke: CO₂, SO₂, tungmetaller
- Emissioner, der er drifts- og teknologispecifikke: NO_x, CO, HC/VOC, partikler

Dette dækker de emissioner, der anses for de mest miljøbelastende fra forbrændingsmotorer på køretøjer. Følgende emissioner er ikke inkluderet, CH₄, N₂O, O₃, NH₃ og PAH, ligesom emissioner fra dækslid, belægninger på bremses og koblinger, vejbelægning, oliespild, sprinklervæske og lignende ikke er inkluderet.

I TEMA2000 beregnes energiforbrug og emissioner ud fra brugerdefinerede forudsætninger om typen af transportmiddel, motortype, europæisk emissionsstandard for køretøjet (Euro-norm), udnyttelse af lastkapacitet og køremønster (vejtyper, hastighed og afstand). Energiforbruget (MJ) er ækvivalent med en mængde brændstof (kg eller liter), hvilket omregnes på grundlag af brændværdi og massefylde som vist i Tabel 8. Til den forbrugte mængde brændstof knyttes en proces for udvinding og produktion af enten diesel eller benzin. Fra LCV-System anvendes processerne *IPU-K2221 Dieselolie, EU (brændsel)* og *IPU-K2222 Benzin, blyfri, EU (brændsel)*.

Tabel 8. Tekniske specifikationer for benzin og diesel (Energistyrelsen, 2003).

	Brændværdi	Massefylde	CO ₂ -indhold
Benzin	43,8 MJ/kg	0,75 kg/liter	73 kg/GJ ~ 3198 g/kg benzin
Diesel	42,7 MJ/kg	0,84 kg/liter	74 kg/GJ ~ 3160 g/kg diesel

TEMA2000 beregner også emissionen af CO₂, SO₂, NO_x, CO, HC/VOC og partikler i form af PM₁₀. Emissionerne skal angives pr. enhedsmængde brændstof, dvs. pr. kg eller liter brændstof. VOC karakteriseres som *VOC, dieselmotorer*, da denne medregner både ozondannelse og toksiske effekter af emissionen. Denne karakterisering kan også anvendes for benzinmotorer, selvom det er forskellige stoffer fra forbrændingsprocesserne, der bidrager til den toksiske effekt. Partikler karakteriseres som PM₁₀, hvilken der findes karakteriseringsfaktor for i databasen.

Data for emission af tungmetallerne kviksølv, cadmium, bly, kobber, chrom, nikkel, selen og zink stammer fra en serie af opdaterede transportprocesser fra UMIP-databasen fra 2003 (ID-numre IPU-NF-O#####). Estimering af emissionerne er baseret på undersøgelser fra Miljøstyrelsen (Drivsholm et al., 2002). Brændstoffets gennemsnitlige indhold af de otte tungmetaller er vist i Tabel 9, og stofferne forventes at emitte til luft ved forbrænding.

Tabel 9. Tungmetalindhold i brændstof (efter UMIP-databasen og (Drivsholm et al., 2002)).

	[g/ton brændstof]	[kg/liter benzin]	[kg/liter diesel]
Hg	0,001	7,5E-10	8,4E-10
Cd	0,01	7,5E-09	8,4E-09
Pb	0,1	7,5E-08	8,4E-08
Cu	0,1	7,5E-08	8,4E-08
Cr	0,05	3,75E-08	4,2E-08
Ni	1	7,5E-07	8,4E-07
Se	0,01	7,5E-09	8,4E-09
Zn	1	7,5E-07	8,4E-07

6.3 Processer i databasen

I databasen i EASEWASTE er lavet skabeloner for forbrænding af 1 liter brændstof i henholdsvis diesel- og benzinmotor.

Til modellering af indsamling og transport i lastbil er der fremstillet processer for både Euro 2-biler og Euro 3-biler. Indsamlingskørsel er antaget at foregå med en lille lastbil med 100% bykørsel, hvilket simulerer kørsel med lav hastighed og mange stop. Transport er antaget at foregå med en medium bil på motorvej. Tabel 10 opsummerer de valgte indstillinger i TEMA 2000. Proces 1 og 2 anvendes til både indsamling og transport i forbindelse med indsamlingskørsel, mens proces 3 og 4 anvendes til transporter over længere afstande. Proces 5 er for kørsel i personbil til genbrugspladsen. Emissionerne er beregnet pr. MJ ved 50% bykørsel og 50% landkørsel samt koldstart af motoren.

Tabel 10. Processer for indsamling og transport i EASEWASTE.

	Proces	Lastbil	Køremønster
1	Collection Euro 2	10 ton Euro 2 lastbil uden anhænger	100% bykørsel
2	Collection Euro 3	10 ton Euro 3 lastbil uden anhænger	100% bykørsel
3	Transportation Euro 2	25 ton Euro 2 lastbil uden anhænger	Motorvej
4	Transportation Euro 3	25 ton Euro 3 lastbil uden anhænger	Motorvej
5	Car Transportation, Euro 2	1,4-2 liter, Euro 2 personbil	50% by, 50% land
6	Car Transportation, Euro 3	1,4-2 liter, Euro 3 personbil	50% by, 50% land

Navnene på processerne er:

- TEMPLATE Diesel Engine Vehicle, 1 liter diesel
- TEMPLATE Petrol Engine Vehicle, 1 liter petrol
- Collection Vehicle, 10t Euro2, urban traffic, 1 liter diesel
- Collection Vehicle, 10t Euro3, urban traffic, 1 liter diesel
- Transport Vehicle, 25t Euro2, motorway, 1 liter diesel
- Transport Vehicle, 25t Euro3, motorway, 1 liter diesel
- Car, 1.4-2l Euro2, urban/rural, 1 liter petrol
- Car, 1.4-2l Euro3, urban/rural, 1 liter petrol

Alternativ kan følgende proces fra UMIP-databasen også anvendes: *Diesel oil combusted in truck, EU2, Terminated (ipu-nf-e2752)*.

Al indsamling og transport i Herning Kommune er modelleret som transportmidler med Euro2-motorer, fordi transportmidlerne som minimum forventes at opfylde denne standard. Udskiftning af biler vil føre til, at Euro3 bliver dominerende. Betydningen af reduktion af luftemissioner kan undersøges nærmere i en følsomhedsanalyse af resultaterne.

6.4 Andre transportmidler

Transport med skib vil kunne modelleres på samme måde i EASEWASTE. Der findes processer for fremstilling af fuelolie og lignende i LCV-system (IPU-NF-K22##), og tungmetaller i sådanne brændsler er også estimeret af *Drivsholm et al.* (2002). Øvrige emissioner beregnes på tilsvarende vis i TEMA 2000. De processer for skibstransport, som allerede findes i EASEWASTE, er dog tilstrækkelige, og derfor vil der ikke blive lavet nye processer, med mindre behovet for det opstår.

7 Referencer

7.1 Litteratur

Danmarks Statistik (2005). Opslag i Statistikbanken på

<http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1280>. Udtræk af tabel BOL51.

Drivsholm, T., Holm-Petersen, M., Skårup, S., Frees, N. & Olsen, S. (2002). *Produkters forbrug af transport. Systemanalyse*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 44 2002. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Herning Kommune (1998) Antal haveboliger i forskellige områder af Herning. Opgørelse.

Herning Kommune (2006). Div. data for affaldsmængder mm. 2004-2005. Miljøafdelingen, Teknik og Miljø, Herning Kommune.

Krak.dk (2006). Beregning af afstande på elektronisk kort på

<http://www.krak.dk/GRIDS/MAINPAGES/route.asp>.

Vrgoc, Marco & Christensen, Thomas H. (2003). *Indsamling af dagrenovation i Århus. Analyse af køretøjers dieselforbrug ved indsamling af dagrenovation*. Miljø & Ressourcer DTU. Danmarks Tekniske Universitet.

Wikipedia (2006). http://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standard. Besøgt d. 8. november 2006.

7.2 Software

LCV-system + UMIP-databasen.

Betaversion 2.11 af LCV-system er installeret på pc på Institut for Miljø & Ressourcer. UMIP-databasen har været tilgængelig via Miljøstyrelsens hjemmeside og kan i dag fås gennem LCA Center, www.lca-center.dk.

TEMA 2000

Software og manualer kan hentes på trafikministeriets hjemmeside, <http://www.trm.dk/sw664.asp>.

Bilag 1: Indbyggere og husstande

Tabel 11 viser antallet af boliger og indbyggere i Herning Kommune pr. 1. januar 2005 (Danmarks Statistik, 2005). Boligerne er grupperet efter boligart. Antallet af indbyggere er egen beregning på baggrund af data i øverste halvdel af tabellen. I de efterfølgende beregninger er uoplyste boliger udeladt.

Tabel 11. Antal boliger og indbyggere pr. 1. januar 2005, efter (Danmarks Statistik, 2005).

BOLIGER	Husstandsstørrelse [Antal personer pr. boliger]								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Stuehuse til landbrugsejendomme	182	486	175	231	156	53	9	5	1297
Parcelhuse	2010	4875	1899	2464	871	135	20	11	12285
Række-, kæde- og dobbelthuse	1189	899	334	215	50	11	1	1	2700
Etageboligbebyggelse	5914	2510	639	357	161	43	22	19	9665
Kollegier	451	96	3	1	0	2	0	2	555
Anden helårsbeboelse	31	32	9	8	10	3	2	3	98
Fritidshuse	12	14	0	2	0	0	0	0	28
Døgninstitutioner	257	9	3	2	2	5	0	5	283
Uoplyst	16	4	1	0	3	0	0	7	31
Total, inkl. uoplyste									26942
Total, ekskl. uoplyste									26911
PERSONER	Husstandsstørrelse [Antal personer i alt]								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Stuehuse til landbrugsejendomme	182	972	525	924	780	318	63	40	3804
Parcelhuse	2010	9750	5697	9856	4355	810	140	88	32706
Række-, kæde- og dobbelthuse	1189	1798	1002	860	250	66	7	8	5180
Etageboligbebyggelse	5914	5020	1917	1428	805	258	154	152	15648
Kollegier	451	192	9	4	0	12	0	16	684
Anden helårsbeboelse	31	64	27	32	50	18	14	24	260
Fritidshuse	12	28	0	8	0	0	0	0	48
Døgninstitutioner	257	18	9	8	10	30	0	40	372
Uoplyst	16	8	3	0	15	0	0	56	98
Total, inkl. uoplyste									58800
Total, ekskl. uoplyste									58702

Kategorierne for boligart er grupperet som enten enfamilieboliger eller etageboliger, og husstandsstørrelsen for disse to kategorier er efterfølgende beregnet som vist i Tabel 12. Stuehuse til landbrugsejendomme, parcelhuse, række-, kæde- og dobbelthuse, anden helårsbeboelse samt fritidshuse er alle antaget at være enfamilieboliger, mens de øvrige boligarter er antaget at være etageboliger.

Tabel 12. Gennemsnitlig husstandsstørrelse i Herning Kommune.

HUSSTANDSSTØRRELSE	Boliger Antal	Personer Antal	Husstandsstørrelse Personer/bolig
Enfamilieboliger	16408	41998	2,56
Etageboliger	10503	16704	1,59